

千葉県館山市波左間付近に例をとった 電気探査法による水理地質の研究

千 坂 武 志・山 崎 良 雄

1. 緒 言

地質調査の基本は、ハンマーとクリノメーターを手にして露頭を調査することである。しかし地表調査だけでは、地下の状態、たとえば帯水層の分布、を正確に調べることはむずかしい。また、ボーリング調査は確実なデータを与えてくれるが長期にわたる時間と高い費用がかかる。物理探査は短時間のうちに安い費用でより正確な調査を実施でき、地表地質調査と併用すれば重要な調査手段である。

物理探査の中でも電気探査法は最も古い歴史をもち、1800 年代初頭にイギリスで試みられた。アメリカ人 F. Wenner, は 1916 年に 2 本の電流電極の間に電流を流し、別に 2 本の電圧電極を接地して大地の比抵抗を測定する方法を考案した。この方法は電極の接地抵抗の影響なしに地下構造を調べることができるので、Wenner の四電極法と呼ばれて標準的な方法とみなされている。

電気探査法は安い経費で短時間のうちに調査でき、探査装置も軽量小型であるから荒野の調査に適している。しかしながら調査方法及び結果の解析に関して説明したものは少ない。そこで筆者らは、電気探査を利用して地質構造と地下水の研究を行なったのを機会に、電気探査について実用的な説明を加えてみることにした。

2. 電気探査の原理

電気探査には分極現象を利用した方法と大地の比抵抗分布を利用した方法とがあり、前者の代表的なものは自然電位法であり、後者の代表は比抵抗法と電気検層法である。

現在水理地質学的調査に使われているのはほとんど比抵抗法だけであるので、比抵抗法について説明する。

(i) 地上の点電極による大地内の電位

第 1 図で電極 C を中心とする半径 r 及び r_1 の 2 球面間の抵抗 R_{r-r_1} は

$$R_{r-r_1} = \rho \frac{l}{s} \quad \rho : \text{比抵抗}$$

と表わされる。ここで l は 2 つの半球面の距離、 s は半球の表面積とする。また、 $l = r_1 - r$ 、 $s = 2\pi r^2$ であるが、2 つの半球が接近しているものとすれば $s = 2\pi r r_1$ とすることができる。よって上式は次のようになる。

$$R_{r-r_1} = \rho \frac{r_1 - r}{2\pi r \cdot r_1} = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1} \right)$$

この電極に電流 I を流した時、半径 r の等電位面と半径 r_1 の等電位面との電位差を V_{r-r_1} とすれば、

$$V_{r-r_1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1} \right)$$

同様に半径 r_1 と r_2 、 r_2 と r_3 、 \dots r_{n-1} と r_n という等電位面の電位差は次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{r_1-r_2} &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \\ &\vdots \\ V_{r_{n-1}-r_n} &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n} \right) \end{aligned}$$

第 1 図において p 点の電位 V_p は無限に大きな半径 r_n の等電位面から半径 r の等電位面までのすべての等電位面間の電位差の総和であるので、

$$\begin{aligned} V_p &= V_{r-r_1} + V_{r_1-r_2} + \dots + V_{r_{n-1}-r_n} \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n} \right) \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_n} \right) \end{aligned}$$

ここで r_n は C から無限遠にあると考えたので $\frac{1}{r_n} = 0$ とすることができる。よって、 p 点の電位 V_p は下のように表わされる。

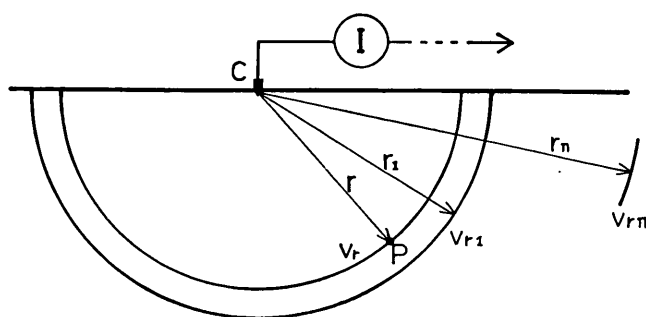
$$V_p = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{1}{r} \dots\dots\dots (1)$$

但し、 $\rho(\Omega \cdot m)$: 比抵抗

$r(m)$: 電極から p 点までの距離

(ii) 2 本の電流電極 C_1 、 C_2 によってある 1 点 p に誘起される電位

第 2 図に示すように、2 本の電流電極 C_1 、 C_2 によって地中の p 点に誘起される電位： V_{pc_1} 及び V_{pc_2} は各々(1)式より次の様になる。



第1図 地上の点電極Cによる大地内の点Pの電位

$$V_{pc1} = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{1}{r_1}$$

$$V_{pc2} = -\frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{1}{r_2}$$

ここに V_p は2つの電位の和として表わされる。

$$V_p = V_{pc1} + V_{pc2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

(iii) 2本の電流電極 C_1 , C_2 によってある2点 p_1 , p_2 の間に誘起される電位

p_1 及び p_2 に誘起される電位を各々 V_{p1} , V_{p2} とすれば(2)式より次の値が得られる。(第3図)

$$V_{p1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r-r_1} \right)$$

$$V_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r-r_2} \right)$$

従って, p_1 と p_2 の間の電位差 V は下のように表わされる。

$$V = V_{p1} - V_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r-r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r-r_2} \right)$$

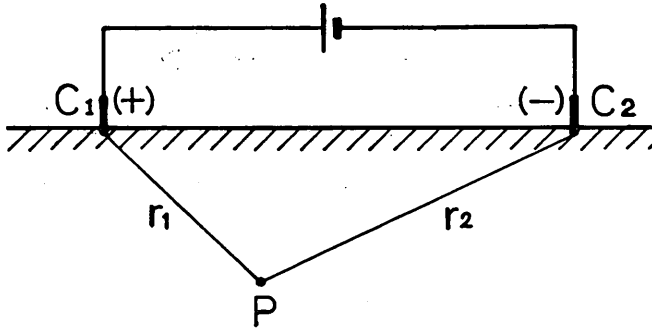
ここで $\overline{r_1} = c_1 p_1$, $\overline{r_2} = c_2 p_1$, $\overline{r-r_1} = c_2 p_1$, $\overline{r-r_2} = c_2 p_2$ とすれば, 上式は次のようにまとめられる。

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{c_1 p_1} - \frac{1}{c_2 p_1} - \frac{1}{c_1 p_2} + \frac{1}{c_2 p_2} \right)$$

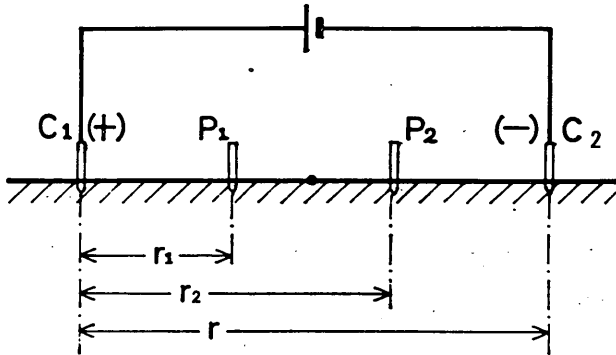
これを変形して,

$$\rho = 2\pi \frac{1}{C} \cdot \frac{V}{I} \dots\dots\dots (3)$$

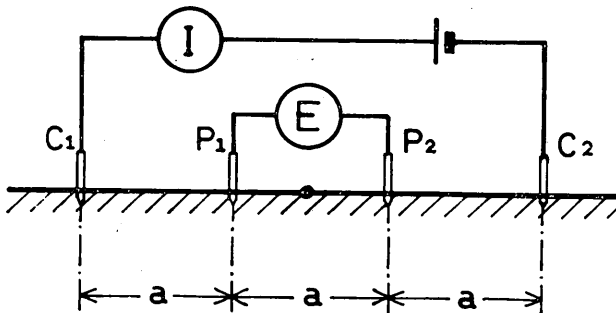
$$\text{但し, } C = \frac{1}{c_1 p_1} - \frac{1}{c_2 p_2} - \frac{1}{c_1 p_2} + \frac{1}{c_2 p_2}$$



第2図 地上の2本の電極 C_1, C_2 による大地内の点Pの電位



第3図 2本の電極 C_1, C_2 による大地内の2点 P_1, P_2 の電位



第4図 Wenner法による垂直探査の電極配列

(iv) Wenner 法による垂直探査の場合

Wenner 法による電極配列は第4図に示すように、 $\overline{c_1 p_1} = \overline{c_2 p_2} = a$, $\overline{c_1 p_2} = \overline{c_2 p_1} = 2a$ である。

で、 $C = \frac{1}{a}$ となり、これを(3)式に代入する次のようになる。

$$\rho = 2\pi a \cdot \frac{V}{I} = 2\pi a \cdot R \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで ρ : 見かけの比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

a : 電極間隔 (m)

R : 抵抗 (Ω)

3. 電気探査の解析方法について

電気探査を実施すると、垂直方向に変化する地層の見かけ比抵抗の変化に応じて見かけ比抵抗曲線^{*}が得られる。解析の目的は、整理された解析結果を地質学的な関連をもって取りまとめ、調査地域の基盤地形又は水理地質学的性質を明らかにすることである。

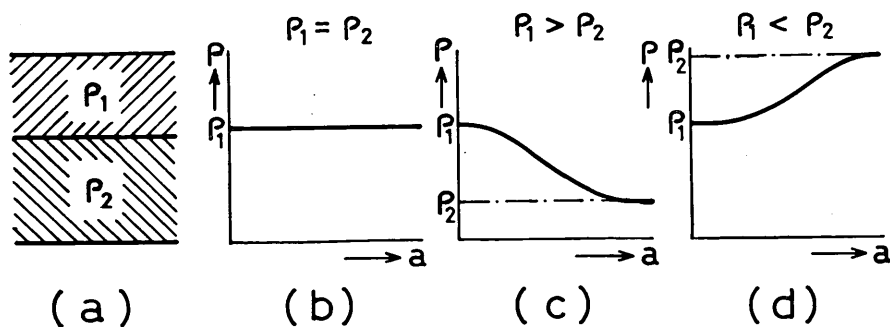
解析方法は理論的方法と経験的方法^{**}にわけられる。Wenner の電極配列に適用されるのは、前者では Sundberg の標準曲線法、Tagg の標準曲線法、後者では Moore の積分曲線法、Heiland の微分曲線法、直視法などがある。次にこれらの中でよく使われる方法について説明する。

* 以後、 ρ - a 曲線ということにする。

** さらに、標準曲線法と指導曲線照合法とに細分できるが、ここではよく利用されている標準曲線法についてのみ説明する。

(1) Sundberg の標準曲線法

第5図 a に示すように2層が水平に重なっている状態を考える。b のように上位層の比抵抗 ρ_1 と下位層の比抵抗 ρ_2 が同じ場合には電極間隔 a を拡大しても ρ の値に変化はない。しかし、 $\rho_1 \neq \rho_2$ の場合には電極間隔 a を拡大すると次第に ρ_2 の影響をうけ、 $c(\rho_1 > \rho_2)$ 又は $d(\rho_1 < \rho_2)$ のような ρ - a 曲線になる。



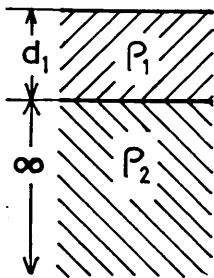
第5図 2層構造における ρ - a 曲線のタイプ

第6図に示されるような水平2層構造に Wenner 法を適用した時の見かけ比抵抗 ρ_a は, Hummel の電気映像理論から次の式で示される。

$$\rho_n = \rho_1 + 4 \rho_1 \sum_{n=1}^{\infty} K^n \left[\left\{ 1 + \left(\frac{2nd^2}{a} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} - \left\{ 4 + \left(\frac{2nd}{a} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \right] \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{但し, } K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \left(\text{又は } \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1+K}{1-K} \right)$$

そこで $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ を媒介変数として, $\frac{d}{a}$ と $\frac{\rho_a}{\rho_1}$ との関係を図示したものが2層標準曲線であり, その中でも最も普及しているものが Sundberg の標準曲線である。



第6図 水平2層構造

三層以上の解析では, 第1層と第2層の比抵抗を合成して第1層の比抵抗とみなす Hummel の等価比抵抗層の概念によって多層構造の解析を二層構造の解析にもどしている。第7図(a)に示すように, 厚さが d_1, d_2 で比抵抗がそれぞれ ρ_1, ρ_2 である地層を等価の第1層 (厚さ d_e , 比抵抗 ρ_e) とし, 第3層を第2層とみなす二層構造にする。これを抵抗を使ってわかりやすく示すと第7図(b)のようになる。この図において, 並列に接続された抵抗

R_1 と R_2 を1つの抵抗 R_e を用いて表現すれば次のようになる。

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

又, 抵抗は比抵抗 ρ と抵抗体の長さ l に比例し, 抵抗体の断面積 s に反比例する。第7図(a)のような地層が水平にずっと続いているものとするれば, 抵抗は比抵抗 ρ に比例し, 地層の厚さ d に反比例するものと考えられる。そこで $R_e = k \frac{\rho_e}{d_e}$, $R_1 = k \frac{\rho_1}{d_1}$, $R_2 = k \frac{\rho_2}{d_2}$ を前式に代入すると次のように変形される。

$$\begin{aligned} \frac{d_e}{\rho_e} &= \frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2}, \quad d_e = d_1 + d_2 \\ \therefore \rho_e &= \frac{d_1 + d_2}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2}} \end{aligned}$$

これを ρ_1 で割ると次のようになる。

$$\frac{\rho_e}{\rho_1} = \frac{1}{\rho_1} \cdot \frac{d_1 + d_2}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2}}$$

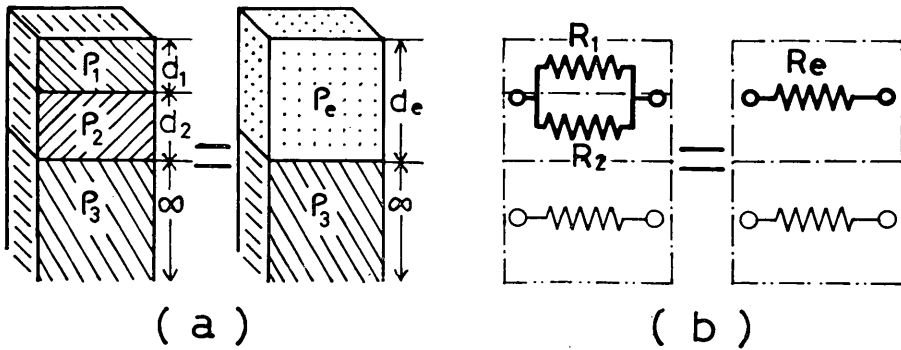
$$= \frac{d_1 + d_2}{d_1} \cdot \frac{\frac{\rho_2}{\rho_1}}{\frac{d_2}{d_1} + \frac{\rho_1}{\rho_2}}$$

$$\therefore \frac{\rho_e}{\rho_1} = \frac{\frac{d_e}{d_1} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1}}{\frac{d_e}{d_1} + \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1}$$

故に、両辺の対数をとれば次のようになる。

$$\log \frac{\rho_e}{\rho_1} = \log \frac{d_e}{d_1} - \log \left(\frac{d_e}{d_1} + \frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) + \log \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

従って、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ を媒介変数として $\frac{\rho_e}{\rho_1}$ と $\frac{d_e}{d_1}$ を計算し、それらを図示したものがHummelの補助線である。この補助線を標準曲線に併用することによって多層構造を解析することが可能になる。



第7図 多層構造の解析

(2) Moore の積分曲線法

測定した見かけ比抵抗値を積算し、それと a との関係を作図して積分曲線図を作る。積分曲線の傾きが変わる点を地層の境界としてとらえる。

(3) Heiland の微分曲線法

測定した見かけ比抵抗値の微分値を求めてそれと a との関係を作図した微分曲線を作る。微分値が急変する点から地層の境界を定める。この方法は、接地状態によって解析精度が左右される。

(4) 直 視 法

ρ - a 曲線の形にあらわれた変曲点を地層の境界として判断する方法である。

(2)~(4)は経験的解析法であり $\rho-a$ 曲線の急変する所の付近を地層の境界としている。そしてこれら(2)~(4)の方法では地層の比抵抗を決定することはできない。しかし、実測された $\rho-a$ 曲線は必ずしも標準曲線法で解析できないことがあるために経験的解析法の存在する理由が生じる。そして、標準曲線で解析できないような変化率をもつ $\rho-a$ 曲線では、その変曲点に相当する深さの付近に地下水面があるか又は大きな岩相変化のあることが多い。従って、標準曲線法と直視法を適宜併用して $\rho-a$ 曲線を解析することが実用的に良好な結果を与えてくれるようである。

4. 電気探査装置及び使用器具

筆者らが主に使用しているのは、横河電機製の交流電位差計方式の大地比抵抗測定器 3244 型である。軽量小型であって接地抵抗や分極を考える必要がなく、深度 100 m 位の測定には非常に適した装置である。第 8 図に 3244 型の原理を示す。バッテリー B によって与えられた直流 12 V は、発振器 O. S. によって低周波パルスに変換され、発振電圧は T_1 によって昇圧 (150, 300, 600 V) され、 C_1 , C_2 を通じて地中に電流 I を送りこむ。次に I によって T_2 の 2 次側に I に比例した電流が流れる。 R_0 を動かして検流計 G の振れ 0 をにすれば、電位差計の原理によって V を求めることができる。

次に測定法の概要をのべる。第 9 図のように各電極を打込み、各電極を測定器のターミナルに接続する。その後次のような順序に従って測定器を操作する。

- (1) 電圧電流切換スイッチを V にする。電源電圧が 5~13V (青マーク内) ならば良い。
- (2) OUTPUT 切換スイッチを L にし、レンジ切換スイッチを $\times 10$ にしておく。
- (3) 電圧電流切換スイッチを mA にする。

次に測定に移る。

- (4) PUSH ON→LOCK スイッチをおしながら、すべり抵抗を調整して検流計の針を 0 に合わせる。

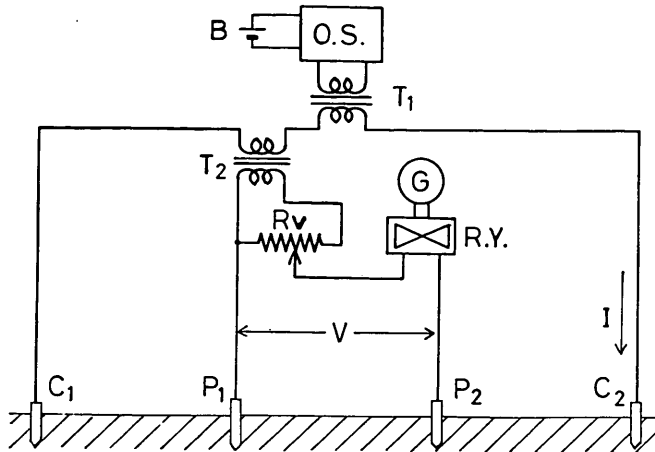
大地抵抗 $R(\Omega)$ はすべり抵抗の暗示に切換スイッチの倍率を乗じたものになる。

* 感度が不足気味の際は切換スイッチを M 又は H にする。測定電流 (mA) はおよそ 100 mA 以上を目安とする (25~400 mA で測定可能)。

- (5) 測定が終了したら PVSH ON→LOCK スイッチをはなし、パイロットランプの消燈を確認した後に電極を移動させる。

* 以後は(4)と(5)をくりかえして測定を続ける。

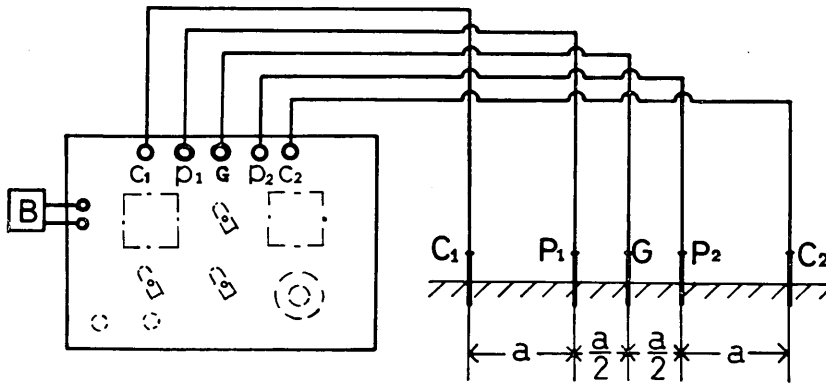
上に書いたようにして測定することができるが、実際に野外で測定する場合には、いろいろと必要な物を多くそろえなければならない。ときどきわすれ物があるてこまることもある。そこ



第 8 図 大地比抵抗測定器3244型の基本回路

B: バッテリー O.S.: 発振器 T₁: 変圧器 T₂: 変流器

R_v: 可変抵抗 R.Y.: 同期整流器 G: 検流計



第 9 図 大地比抵抗測定器3244型と電極の配線

で3244 型を使用した電気探査に必要なものを次に示しておく。

- ① 大地比抵抗測定器 3244 型
- ② バッテリー及び充電器
- ③ 電極棒 5 本
- ④ 150 m 間縄 2 巻*
- ⑤ 150 m コード 2 巻 (外極用) **
- ⑥ 50 m コード 2 巻 (内極用) **
- ⑦ バッテリー接続用コード約 50 cm 2 本
- ⑧ アース接続用コード約 1 m 1 本

⑨ ハンマー 4 本（電極打込み用）

* 電極間隔に応じた位置にビニールテープをまいておくのと測定の際に便利である。

** 筆者らは、ビニール線をドラムに巻いたものを使用して作業能率を高めている。コードは長さに多少の余裕をもたせておく。

以上のものが必要な最低のものであるが、測定を能率的に行なうためには次のものもあれば便利である。

⑩ 手袋 2 組又は 4 組。*

⑪ ふえ、赤旗 4 本（又はトランシーバー）

⑫ テスター

⑬ 修理用具（ドライバー、ペンチ、ナイフ、ビニールテープ）

* 外極は電流電極であるため、ゴム手袋を着用した方が安全である。

そして最後に記録及び解析のために次のものが必要である。

⑭ 標準曲線と補助曲線

⑮ 記録用紙

⑯ 解析用紙

⑰ 図板

⑱ 計算尺又は計算器

5. ρ — a 曲線の解析例

筆者らは千葉県館山市の水理地質学的研究を続けており、多くの電気探査も実施したが 1972 年 12 月 22 日に館山市波左間で測定した値を例にして解析例を示す。第 1 表は実測されたデータである。

(1) Sundberg の標準曲線法

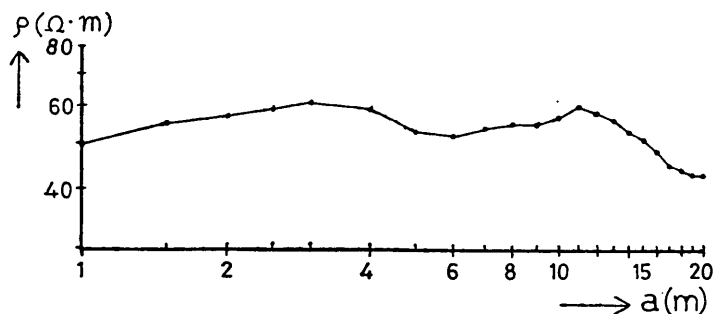
(操作 1) 第 1 表のデータを解析用紙にプロットする。(第 10 図)

(操作 2) 解析用紙を標準曲線にかさねて平行移動させる。そしてプロットした点になるべく多く標準曲線上にのるようにする。その時の標準曲線の原点 $\left(\frac{\rho_a}{\rho_1}=1, \frac{a}{d}=1\right)$ の座標点を解析用紙に書きうつし、 O_1 と記入する。

[[最初の 5 点は $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の曲線に重なる]]

(操作 3) 解析用紙を補助曲線の上にのせ、 O_1 を補助曲線の原点に合わせ、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の曲線を解析用紙上に書きうつす。

(操作 4) 再び解析用紙を標準曲線の上にのせる。標準曲線の原点が、いま書きうつした $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の補助曲線にあるようにしながら解析用紙を平行移動させ、次のデータを標準曲

第10図 ρ - a 曲線

線にのせるようにする。その時の標準曲線の原点を解析用紙に書きうつし、 O_2 とする。

[[$a=3.5\sim 5\text{m}$ までの点は、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{1}{3}$ の曲線に重なる。]]

(操作5) 解析用紙を再び補助曲線上にのせ、 O_2 を補助曲線の原点に合わせ、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{1}{3}$ の曲線を解析用紙上に書きうつす。

(操作6) 解析用紙を標準曲線にかさねる。標準曲線の原点が、いまの $\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{1}{3}$ の補助曲線にあるようにしながら解析用紙を平行移動させ、さらに先のデータを標準曲線にのせる。その時の標準曲線の原点を解析用紙に書きうつして O_3 とする。

[[$a=6\sim 12\text{m}$ までは、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の曲線に重なる。]]

(操作7) 解析用紙を再度補助曲線上にのせ、 O_3 を補助曲線の原点に合わせ、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の曲線を解析用紙上に書きうつす。

(操作8) 解析用紙をまた標準曲線にかさねる。標準曲線の原点が、今書きうつした $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ の補助曲線にあるようにしながら平行移動させ、残ったデータを標準曲線にのせる。その時の標準曲線の原点を O_4 として解析用紙に書きうつす。

[[残った点は $\frac{\rho_2}{\rho_1}=\frac{1}{8}$ の曲線に重なる。]]

以上の操作によって $O_1\sim O_4$ が得られる。(第11図)

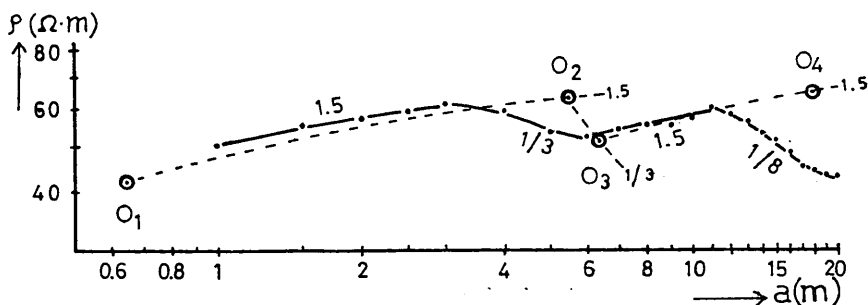
(操作9) $O_1\sim O_4$ のたて軸上の値 $\rho_1\sim\rho_4$ と横軸上の値 $a_1\sim a_4$ 、そして各原点における標準曲線の $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ を求める。第2表のような値が得られる。

第1層の比抵抗 ρ_1 は $42(\Omega\cdot\text{m})$ であるが、第2層の値 ρ_2 は、 $\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$ であるから、

$$\rho_2=1.5 \rho_1=1.5\times 42=63(\Omega\cdot\text{m})$$

となる。

同様にして、第3層～第5層の比抵抗 $\rho_3\sim\rho_5$ は次のように求められる。



第11図 Sundbergの標準曲線法による解析

$$a = 0 \text{ (m)} \quad \frac{P_1 = 42 (\Omega \cdot m)}{0.65 \text{ "}}$$

$$P_2 = 63 \text{ "}$$

$$\frac{5.5 \text{ "}}{6.4 \text{ "}} \quad \frac{P_3 = 21 \text{ "}}$$

$$P_4 = 78 \text{ "}$$

$$17 \text{ "} \quad \frac{P_5 = 8 \text{ "}}{\text{-----}}$$

$$\rho_3 = \frac{1}{3} \times 62 = 21 (\Omega \cdot m)$$

$$\rho_4 = 1.5 \times 52 = 78 (\Omega \cdot m)$$

$$\rho_5 = \frac{1}{8} \times 64 = 8 (\Omega \cdot m)$$

以上の結果をまとめて第 12 図に示すこのように 5 層構造が読みとれる。

(2) Moore の積分曲線法

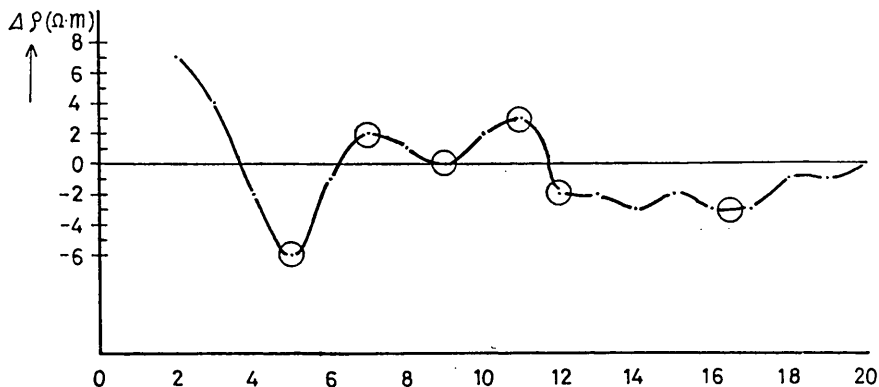
第 1 表から、比抵抗値 ρ の積算値を求めて第 3 表に示す。第 3 表から、 a と $\sum \rho$ の関係を示すと第 13 図のようになる。この図から、深さ 3 m、9 m、14.5 m の所に地層の境界が求められる。

(3) Heiland の微分曲線法

第 12 図 Sundberg の標準曲線法による解析結果

第 1 表から比抵抗値の微分値 ρ を求めて第 4 表に示す。

第 4 表から、 a と $\Delta \rho$ の関係を示すと第 14 図のようになる。この図では、曲線にあらわれた変



第14図 Heilandの微分曲線法による解析例

曲点が地層の境界を示していると考えられるので、深さ 5m, 9m, 11m, 12m, 17m 付近に地層の境界が求められる。

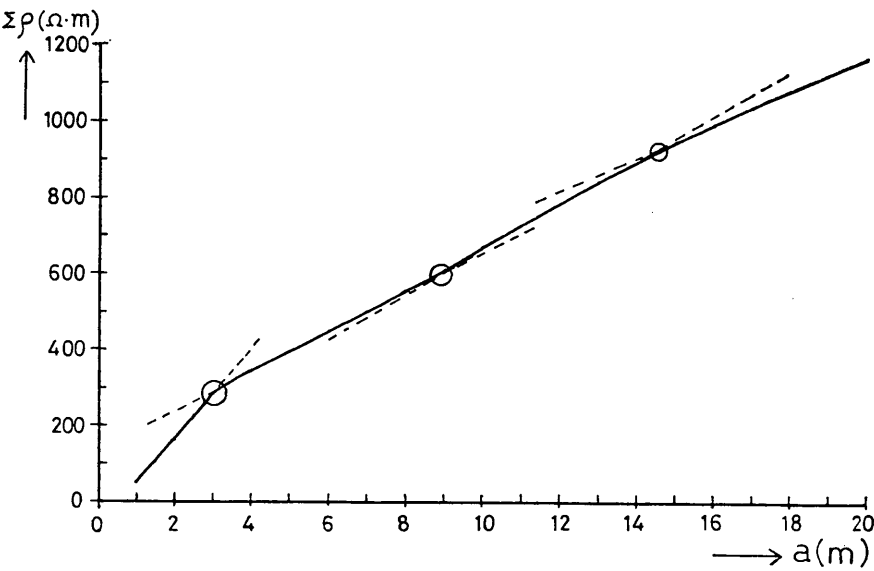
<u>a (m) : ρ ($\Omega \cdot m$)</u>			<u>a (m) : ρ ($\Omega \cdot m$) : $\Sigma \rho$</u>			
1.0	:	50	1.0	:	50	: 50
1.5	:	55	1.5	:	55	: 105
2.0	:	57	2.0	:	57	: 162
2.5	:	59	2.5	:	59	: 221
3	:	61	3	:	61	: 282
4	:	59	4	:	59	: 341
5	:	53	5	:	53	: 394
6	:	52	6	:	52	: 446
7	:	54	7	:	54	: 500
8	:	55	8	:	55	: 555
9	:	55	9	:	55	: 610
10	:	57	10	:	57	: 667
11	:	60	11	:	60	: 727
12	:	58	12	:	58	: 785
13	:	56	13	:	56	: 841
14	:	53	14	:	53	: 894
15	:	51	15	:	51	: 945
16	:	48	16	:	48	: 993
17	:	45	17	:	45	: 1038
18	:	44	18	:	44	: 1082
19	:	43	19	:	43	: 1125
20	:	43	20	:	43	: 1168

第1表 実測された比抵抗： ρ

第3表 Mooreの積分曲線法による解析例

		$\rho \text{ (}\Omega \cdot \text{m)}$	$a \text{ (m)}$	ρ_2/ρ_1
O_1	:	42	0.65	1.5
O_2	:	62	5.5	1/3
O_3	:	52	6.4	1.5
O_4	:	64	17	1/8

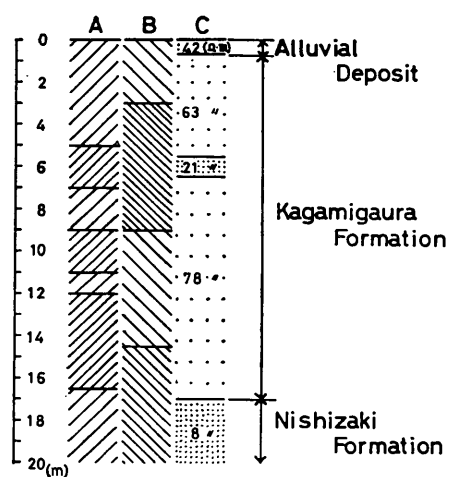
第2表 Sundberg の標準曲線法による解析



第13図 Moore 積分曲線法による解析

a (m)	:	ρ ($\Omega \cdot m$)	:	ΔP
1	:	50	:	-
2	:	57	:	7
3	:	61	:	4
4	:	59	:	-2
5	:	53	:	-6
6	:	52	:	-1
7	:	54	:	2
8	:	55	:	1
9	:	55	:	0
10	:	57	:	2
11	:	60	:	3
12	:	58	:	-2
13	:	56	:	-2
14	:	53	:	-3
15	:	51	:	-2
16	:	48	:	-3
17	:	45	:	-3
18	:	44	:	-1
19	:	43	:	-1
20	:	43	:	0

第4表 Heilandの微分曲線法による解析例



第15図 各解析法の比較

A: Heilandの微分曲線法

B: Mooreの積分曲線法

C: 標準曲線法

6. ま と め

電気探査を実施した地点は、館山湾に面した平坦地で丘陵のふもとである。丘陵を作っているのは、主に固結したシルト岩からなる西岬累層（中新世）である。比抵抗値は非常に小さく、 $50(\Omega \cdot m)$ 以下のことが多い。館山地域での水理地質学的基盤岩である。西岬累層の重な位上にあるのは、主に凝灰質中粒～粗粒砂岩からなる鏡ヶ浦層（鮮新世）である。比抵抗は比較的高く、透水層となっている。そしてこれらを被っているのが主に中粒砂からなる沖積層である。これらの事実を参考にして、第 15 図のような結論になった。

丘陵のすぐ近くなので沖積層は薄く、その下に約 16 m の厚さをもつ鏡ヶ浦層があり、さらに下には不透水層の西岬累層がある。したがって、この地点では深さ 17 m の井戸を掘り、地下 7 m～17 m までの帯水層を対象にして採水することが望ましいであろう。

参 考 文 献

- 藤本治義（1951）：日本地方地質誌，関東地方，朝倉書店。
- 蔵田延男（1950）：水理地質の基本的考察。地質雑，第 56 巻，第 657 号，323～330 頁。——（1968）：日本の地下水。ラテイス刊。
- 千坂武志・山崎良雄（1972）：千葉県，館山市大賀付近の地質構造と地下水について。千葉大学教育学部研究紀要，第 21 巻，95～106 頁。
- 成瀬洋・杉村新・小池清（1951）：房総南端一新第三紀層一。地質雑，第 57 巻，第 679 号，511～526 頁。
- 志村 馨（1966）：電気探査法（補正版）。昭晃堂。
- 山本莊毅（1970）：地下水探査法。地球出版株式会社。